

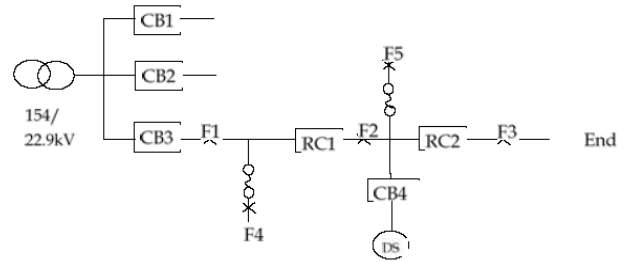
분산전원을 고려한 양방향 보호협조 알고리즘 개발

김 찬혁, 박 현석, 노 대석
한국기술교육대

Development of the Algorithm for Bi-Directional Protection Coordination Considering Dispersed Power Sources in Distribution Systems

Chan-Hyeok Kim, Hyeon-Seok Park, Dae-Seok Rho
Korea University of Technology and Education

Abstract - 종래의 배전계통에 있어서의 전력조류는 변전소에서 선로말단을 향한 단 방향이었지만, 분산전원이 연계된 배전계통의 경우에는 그 출력용량의 여부에 따라 양방향의 전력조류가 발생할 가능성이 있어, 계통운용상 여러 가지의 문제점이 야기될 수 있다. 분산형전원에 대규모전원의 보완적 역할과 배전선로 상의 국부적 부하 감당 역할을 부과하여 그의 적극적 활용을 피하기 위해서는, 분산전원으로부터 배전계통에 전력을 공급하는 역조류의 기능을 허용할 수 있는 양방향 보호협조방식의 체계를 확립할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 분산전원 연계에 따른 보호협조 기본 방안과 부하절체 운전에 따른 보호협조 방안, 변압기결선에 따른 보호협조 방안 등에 대한 알고리즘을 제시하였다.



〈그림 1〉 배전계통 보호협조 개념도

1. 서 론

배전계통에 있어서, 낙뢰 및 수목접촉 등의 원인으로 지락사고 및 단락사고가 발생하였을 경우, 사고파급확대를 방지하기 위하여 사고전류를 공급하고 있는 전원을 신속하게 차단하도록 하고 있다. 이와 같은 목적으로 배전선에는 보호장치가 설치되어 사고를 정확히 검출하여 사고구간 또는 사고선로를 계통으로부터 분리하게 된다. 그러나, 분산형전원이 기존의 어떤 보호협조체제의 배전선로에 도입될 경우는 분산형전원의 계통에 대한 역조류에 의해 사고 시 고장 구간의 분리 및 선로재구성에 따른 차단기 및 개폐기 제어알고리즘, 그리고 순시정전시 분산형전원의 기동정지, 개폐기의 기능, 차단용량 등에 악영향을 끼칠 우려가 다분히 있다. 또한, 사고 시 일시적으로 분리된 구간 내에 분산형전원이 존재하여 그 구간내의 부하와 평형을 이루며 운전되고 있는 경우가 있을 수 있는 데, 이 경우는 인체 및 전기설비에 위협을 초래하게 될 뿐만 아니라 사고의 신속한 복구에도 저해의 요인이 된다. 이 외에도, 지락사고 시 선로가 계통과 차단된 상태에서 분산형전원의 차단기가 늦게 동작하게 되면 선로의 커패시터와 부하가 분산전원과 작용하여 공진으로 인한 과전압을 발생한다는 점, 차단기(리클로우저 또는 CB)와 퓨즈의 보호협조체제하에서 순시사고시 퓨즈의 불필요한 용단으로 인한 장시간정전사태가 발생한다는 점, CB 또는 리클로우저의 재폐로방식에 대한 분산형전원의 확실한 분리보장문제 등이 열거될 수 있다. 따라서, 상기에서 지적된 문제점들에 대해서 배전계통의 보호체제와 분산형전원의 보호장치가 서로 협조하여 대처할 수 있도록 전반적인 검토가 이루어져야 한다. 한편, 연료전지발전시스템 및 태양광발전의 경우, 전원의 특성이 종래의 발전시스템과 달리 직류전원에 인버터를 개입시켜 계통에 연계되기 때문에 그 특성을 충분히 파악하여 새로운 보호방식의 적용여부를 검토할 필요가 있다.

2. 양방향 보호협조 알고리즘

2.1 분산전원 연계에 따른 보호협조 기본 알고리즘

분산전원이 연계되어 있는 배전계통에서 고장이 발생할 때, 분산전원의 고장전류 기여 수준이 배전선로용 Recloser나 분산전원 발전장치의 보호협조 설계에 주요 변수로 작용한다. 또한 분산전원의 종류에 따라서 고장전류 기여도가 달라진다. 따라서 배전계통에는 전원 종류가 다른 여러 분산전원이 혼재할 수 있기 때문에 다양한 종류의 보호협조 체제가 필요하게 된다. 보호협조의 제 1원칙은 고장이 발생할 때 최소한도의 계통 구간만 분리시키는 것이다. 다음은 일반적인 분산전원 연계에 따른 보호협조 원칙을 정리한 것이다.

① F1 고장 : CB3가 고장을 검출하여 동작한다. Recloser RC1은 분산전원 DG에서 공급하는 고장전류의 크기와 Recloser RC1의 최소 픽업 정정치에 의하여 F1 고장을 검출할 수도 있고 검출 못 할 수도 있다. 따라서 Recloser RC1은 방향성 과전류 보호기능을 구비하고 있어야 한다. 만일 Recloser RC1이 동작하면, Recloser RC1과 End 사이에는 단독운전(Islanding)하게 되므로 CB4를 동작시켜 DG를 분리하여야 한다.

② F2 고장 : Recloser RC1과 DG를 연계하는 CB4가 동작하여야 한다. Recloser RC1은 DG를 연계하는 CB4가 분리된 후에만 재폐로를 할 수 있다. 만일 재폐로가 성공하게 되면 CB4의 동기화 조건에 의하여 DG를 배전계통에 다시 연계할 수 있다.

③ F3 고장 : Recloser RC2가 동작하여 고장을 제거하여야 한다. F3 고장에 대하여 Recloser RC1, Recloser RC2 와 DG의 CB4가 보호협조를 하여야 한다.

④ F4 고장 : 이 고장은 COS의 부하측이다. COS 퓨즈를 절약하기 위해서라면, COS 퓨즈가 동작하기 전에 CB3가 동작하여야 한다. 만일 DG의 고장전류 기여도가 크면 Recloser RC1이 동작하여야 한다. DG가 단독운전 (Islanding)하는 것을 방지하기 위하여 CB4가 동작하여 DG를 분리시켜야 한다. 만일 DG의 설비용량이 크고 고장전류가 크다면, CB3, Recloser RC1, CB4의 순시 과전류 보호 동작에도 불구하고, COS의 퓨즈가 동작할 수도 있다.

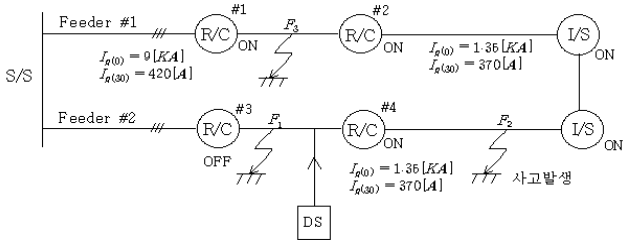
⑤ F5 고장 : COS 퓨즈를 절약하기 위해서라면, COS 퓨즈가 동작하기 전에 DG의 CB4가 동작하여 DG를 분리시켜야 한다. 이 때 Recloser RC2와 CB4가 보호협조하여야 한다.

2.2 부하절체 운전에 따른 보호협조 알고리즘

(1) F_1 지점 사고

① 그림 2에서 R/C #4가 R/C #2 동작하기 전에 먼저 동작하도록 정정치 값의 조정이 필요하다.(무방향성)

② 그림 2에서 R/C #4가 2번 선로의 중간지점 정정치로 셋팅되어 있는데, 부하절체에 의해 말단지점 정정치로 변경되어야 하는데, OCGR이 감지 못하는 상황이 발생할 수 있다. (무방향성)



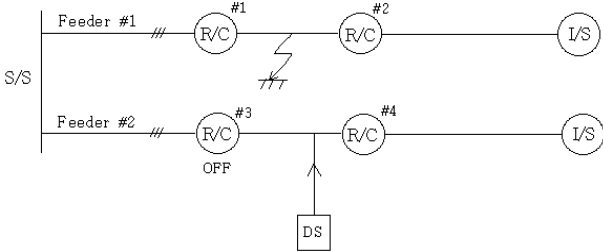
〈그림 2〉 부하절체 운전에 따른 보호협조 개념도

(2) F_2 지점 사고 (F_3 와 동일)

① 그림 2에서 R/C #2가 분류효과에 의해 사고전류가 작아져 감지 못하는 경우가 발생 가능하다. (무방향성)

② 그림 2에서 DS의 사고전류에 의하여 R/C #4가 동작하게 되면, 순시사고 복구 시에 R/C #4가 동작하지 않도록 방향성을 감지해야 한다. (양방향성)

2.3 타 피더 사고 시의 보호협조 알고리즘



〈그림 3〉 타 피더 사고시의 보호협조 개념도

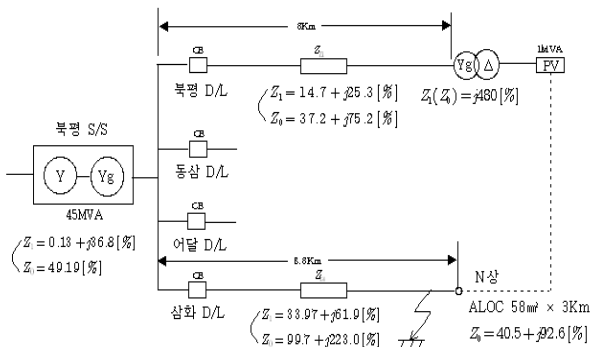
① 그림 3에서 R/C #1이 동작을 해야 하는데, R/C #3가 DS에 의하여 R/C #3까지 동작을 하는 경우가 있으므로, 역방향 사고 전류 시에 검출하여 동작을 못하도록 정정이 필요하다. (양방향성)

② 그림 3에서 R/C #3이 전단 사고에도 동작하지 않도록 방향성을 감지해야 할 필요성이 있다. (양방향성)

3. 시뮬레이션 해석 및 결과 분석

3.1 사례 개요

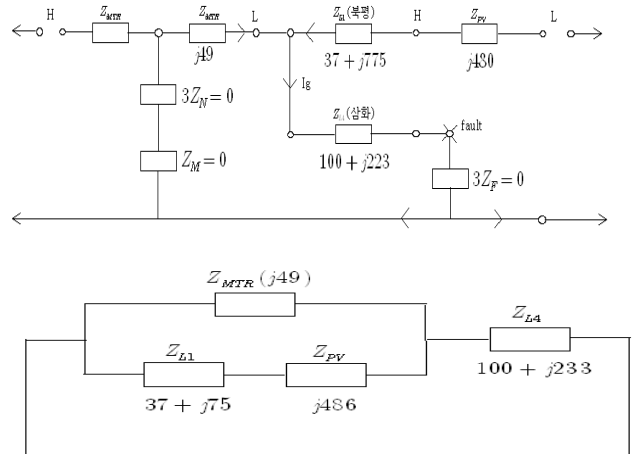
그림 4와 같이 강릉지사 동해지점 관내의 태양광 발전설비 공급 배전선로의 보호기기(Recloser)가 동일변전소 동일 배크내 배전선로 고장 시 오동작하였다. 북평 변전소 #3M.Tr 배크에서 인출된 북평 D/L의 북평간 38(49H1) Recloser가 동일변전소 동일 배크 인출선로인 삼화, 동삼, 어달 D/L에서 외물접촉, LA 파손, 변압기 소손 등의 이유로 발생한 10건의 고장에 대하여 오동작하여 제페로하였다.



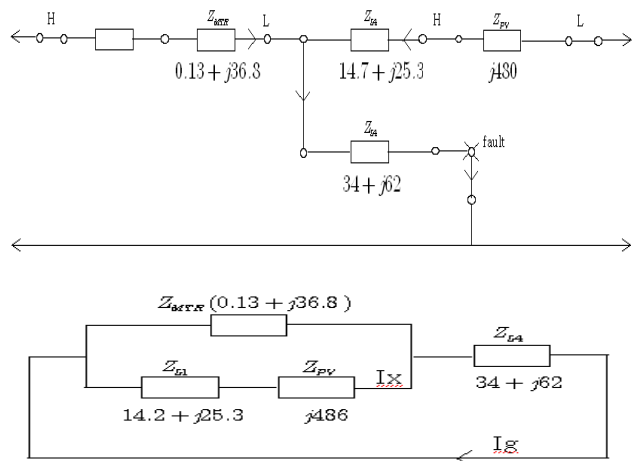
〈그림 4〉 타 피더 사고시의 오동작 상황

3.2 리클로저의 오동작 현상 분석

그림 5와 그림 6은 대상선로의 영상분과 정상분 등가회로를 나타낸 것이다. 이 회로를 바탕으로 사고선로인 삼화D/L의 지락전류를 구하면 약 1,600A정도가 계산되고 분산전원이 연계된 북평 D/L의 중성선의 전류는 약 50~170A 정도(사고위치별)가 계산된다. 따라서 리클로저의 N상 OCGR이 70A로 셋팅되어 있어서 오동작할 가능성이 있음을 확인 할 수 있었다. 이것은 분산전원의 연계 변압기의 Yground-delta 결선이 문제를 일으킬 수 있음을 알 수 있었다.



〈그림 5〉 영상분 등가회로



〈그림 6〉 정상분/역상분 등가회로

3.3 리클로저의 오동작에 대한 대책(안)

- ① 연계변압기의 Yground-Delta 결선에 적절한 접지저항을 삽입하여 중성선의 사고전류(180A)를 70A 이하로 줄인다.
- ② 연계변압기의 결선을 변경하여 영상전류의 통로를 없앨 수 있다. 그러나 건전상의 선로전압상승이 문제가 될 수 있다.
- ③ 양방향 리클로저를 사용하여 리클로저 전단에서 일어나는 지락사고에 대해서는 동작이 되지 않도록 한다.

[참고 문헌]

- [1] 일본 전력중앙협의회, 분산전원대용자료집, 2007.5
- [2] 풍력발전 계통연계 기술지침 및 연계선로 운영기준 제정에 관한 연구, 산업자원부 2004. 9
- [3] 발전기 병렬운전 연계선로 보호업무 기준서, 한국전력공사 2005.
- [4] 분산전원 배전계통 연계기술기준, 한국전력공사 2005. 4.
- [5] IEEE 1547 "IEEE Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems" 2003. 7.